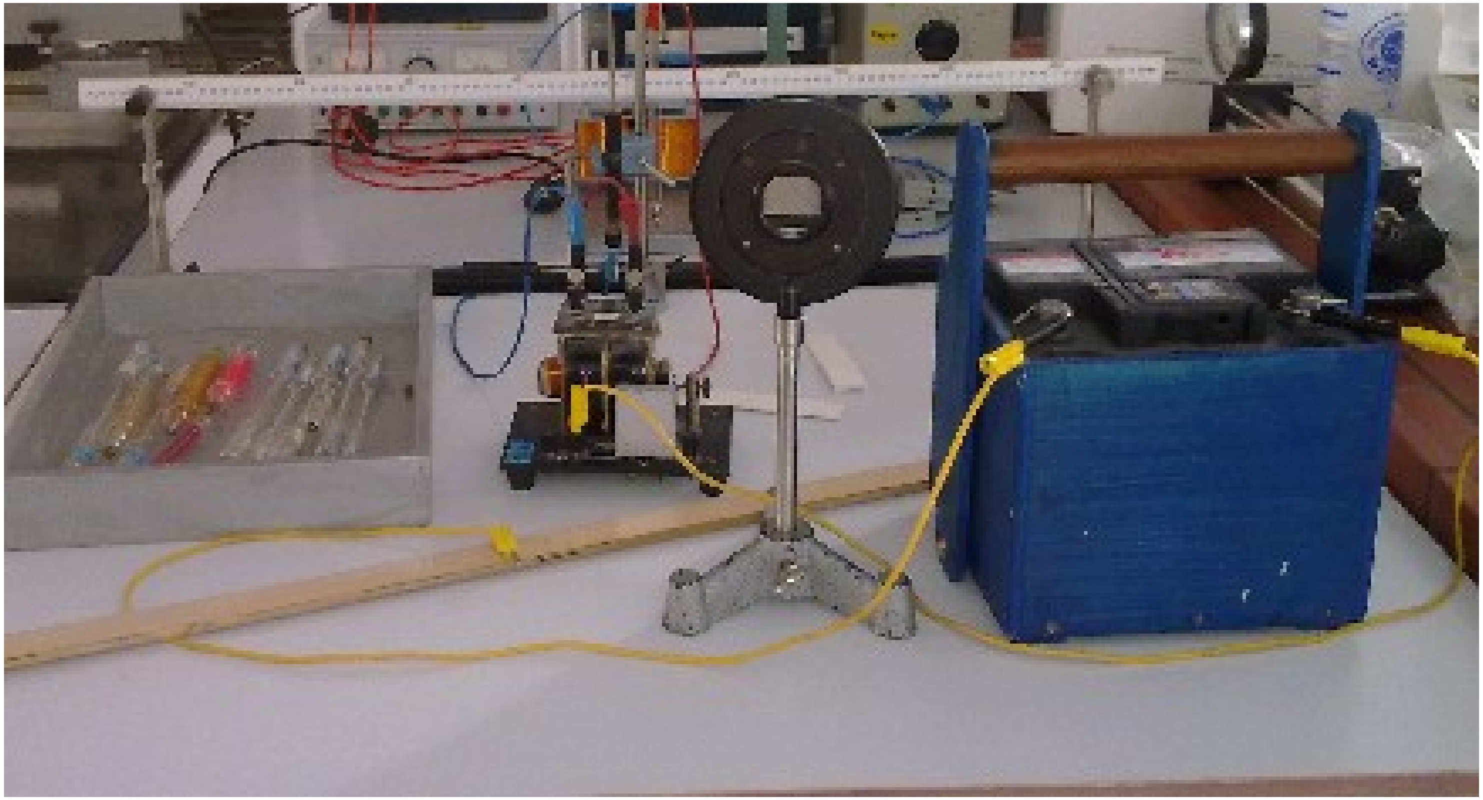
Atommodell der Quantenmechanik

Stoßionisation des Wasserstoffs:
Bei sehr hoher Spannung und niedrigem Druck in der Röhre selbst prallen die positiven Ionen so heftig auf die Gasmoleküle und die Kathode, dass Elektronen frei werden.
Diese Elektronen gehen von dem angeregten Zustand auf den Grundzustand zurück und es werden deshalb Photonen frei gesetzt.

Durch ein optisches Gitter kann man das Spektrum des emittierten Lichts sehen.



Atommodell der Quantenmechanik

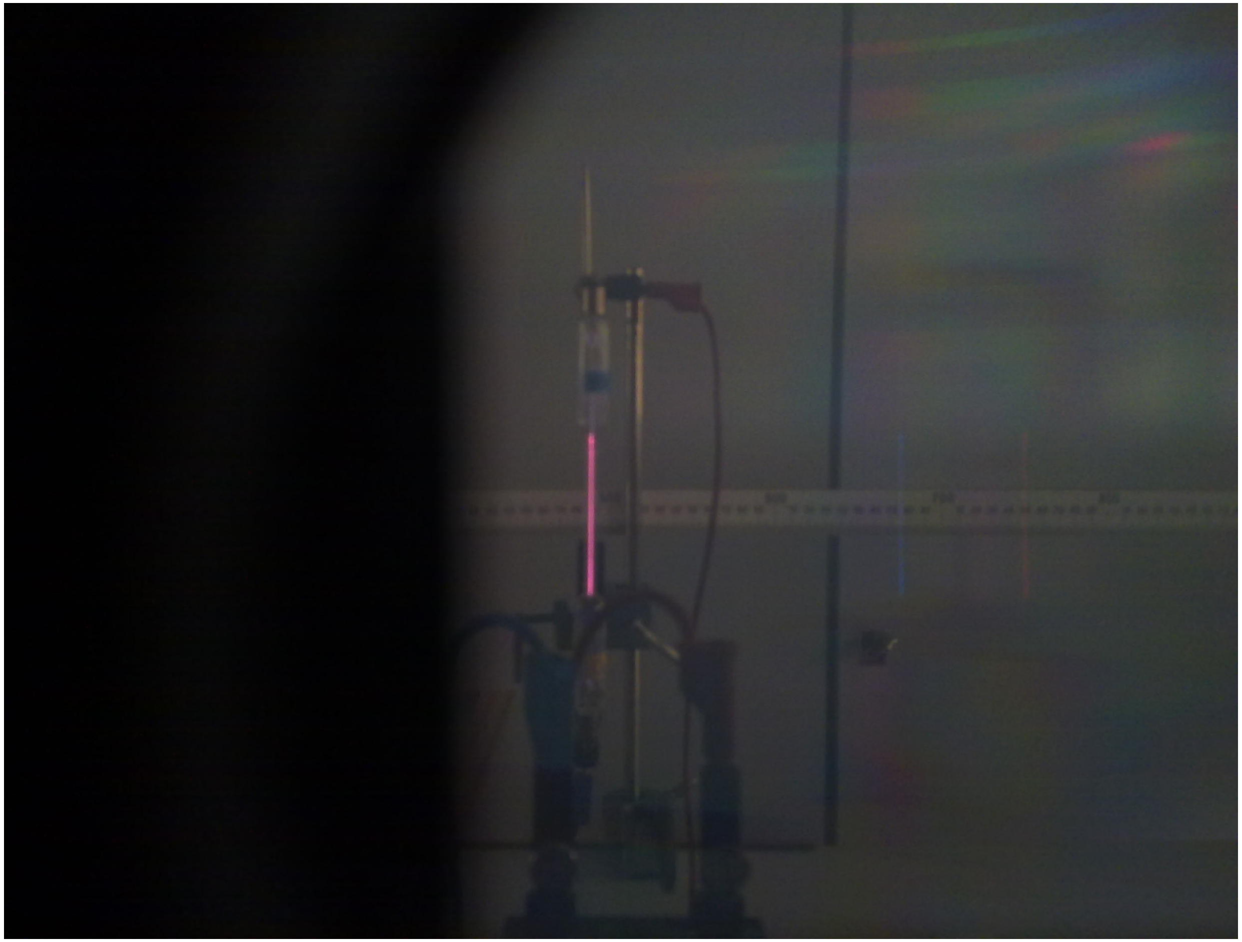
Stoßionisation des Wasserstoffs:
Bei sehr hoher Spannung und niedrigem Druck in der Röhre selbst prallen die positiven Ionen so heftig auf die Gasmoleküle und die Kathode, dass Elektronen frei werden.
Diese Elektronen gehen von dem angeregten Zustand auf den Grundzustand zurück und es werden deshalb Photonen frei gesetzt.

Durch ein optisches Gitter kann man das Spektrum des emittierten Lichts sehen.

Erwartung:
Nach dem Rutherfordschen Atommodell würdfe ein kontinierliches Spektrum erwartet.

Atommodell der Quantenmechanik

Versuchsergebnis:



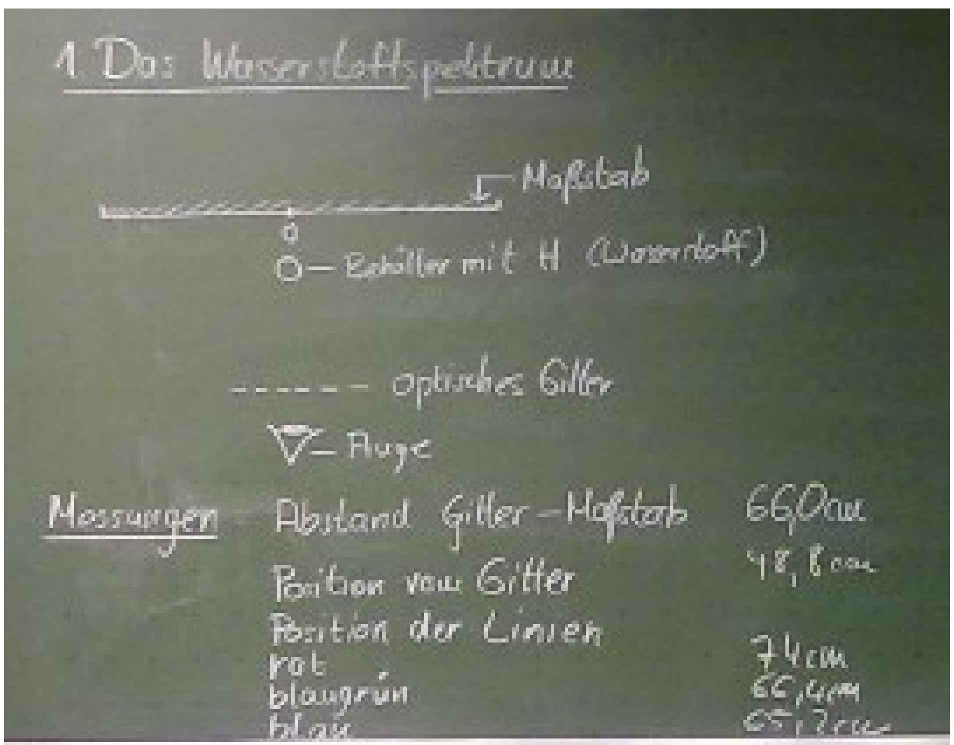
Anstelle eines kontinuierlichen Spektrums wird ein Linienspektrum sichtbar, das aus drei Linien besteht, einer blauen, einer orangen und einer roten.

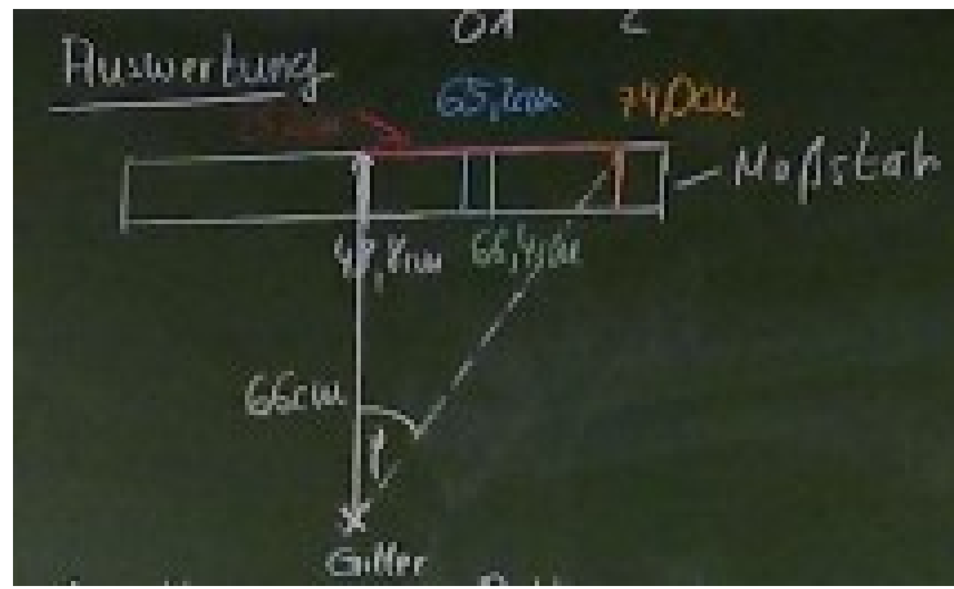
Atommodell der Quantenmechanik

Problem:
Das Versuchsergebnis widerlegt das Rutherfordsche Atommodell, da offensichtlich nur Licht von bestimmter Wellenlänge ausgesendet wird.

Auswertung des Versuchs:
Berechnung der Wellenlängen des emittiereten Lichts:

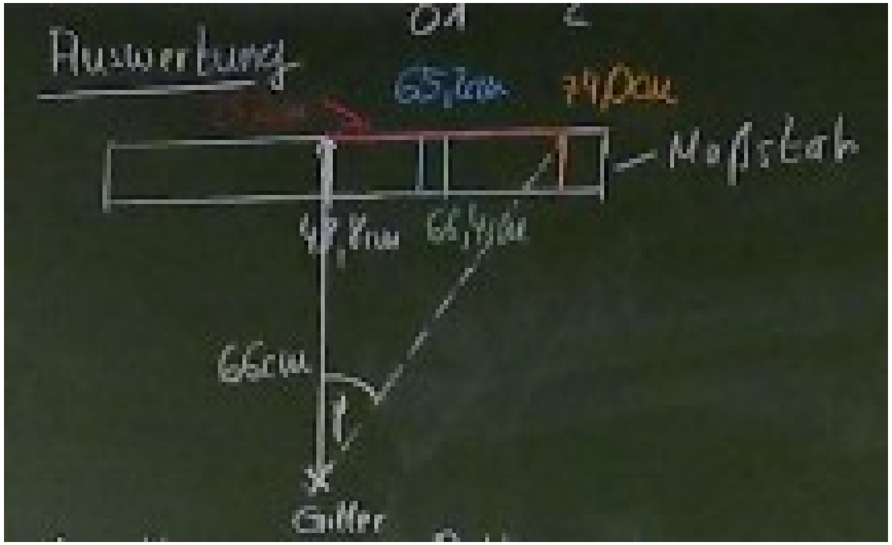
Messergebnisse:





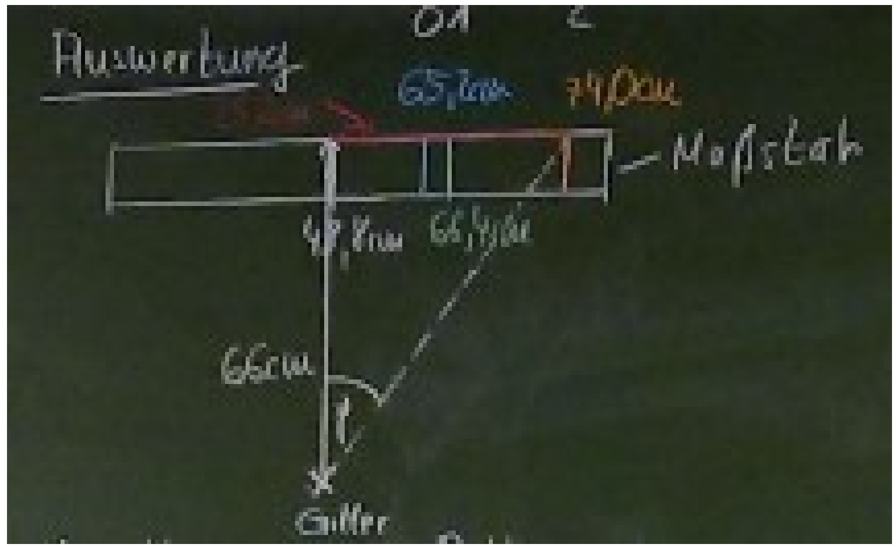
Atommodell der Quantenmechanik

Berechnung der Hypothenuse über Pythagoras:



Atommodell der Quantenmechanik

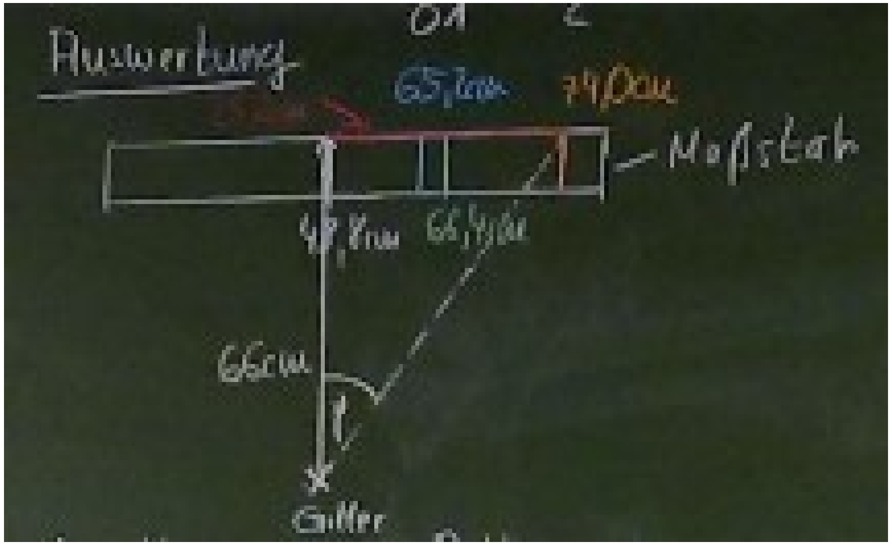
Berechnung der Hypothenuse über Pythagoras:



$$l^2 = (66{,}0\,cm)^2 + (74{,}0\,cm - 48{,}8\,cm)^2$$
$$l = \sqrt{(66{,}0\,cm)^2 + (25{,}2\,cm)^2}$$
$$l = 70{,}6\,cm$$

Atommodell der Quantenmechanik

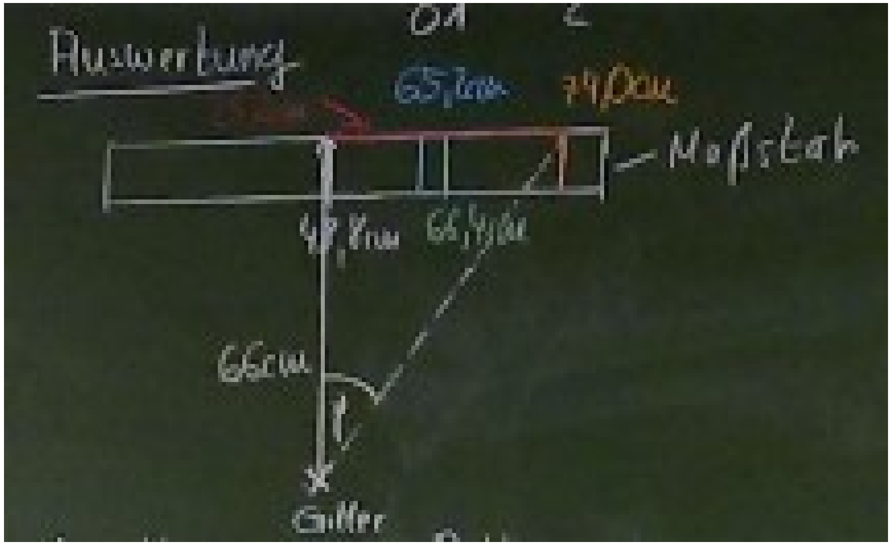
Berechnung der Hypothenuse über Pythagoras:



$$l^2 = (66{,}0\,cm)^2 + (74{,}0\,cm - 48{,}8\,cm)^2$$
$$l = \sqrt{(66{,}0\,cm)^2 + (25{,}2\,cm)^2}$$
$$l = 70{,}6\,cm$$

Bestimmung der Gitterkonstante d: Es sind pro mm 570 Striche:

Berechnung der Hypothenuse über Pythagoras:



$$l^2 = (66{,}0\,cm)^2 + (74{,}0\,cm - 48{,}8\,cm)^2$$
$$l = \sqrt{(66{,}0\,cm)^2 + (25{,}2\,cm)^2}$$
$$l = 70{,}6\,cm$$

Bestimmung der Gitterkonstante d: Es sind pro mm 570 Striche:

$$d = \frac{1{,}00 \cdot 10^{-3}\,m}{570}$$
$$d = 1{,}75 \cdot 10^{-6}\,m$$

Atommodell der Quantenmechanik

Berechnung der Wellenlänge über die Bragg- Bedingung:

$$2\mathrm{d}\sin\phi = m\lambda$$

$$\lambda = \frac{2\mathrm{d}\sin\phi}{m}$$

Einsetzen der Gitterkonstante und m=2 folgt:

Atommodell der Quantenmechanik

Berechnung der Wellenlänge über die Bragg- Bedingung:

$$2\mathrm{d}\sin\phi = m\lambda$$
$$\lambda = \frac{2\mathrm{d}\sin\phi}{m}$$

Einsetzen der Gitterkonstante und m=2 folgt:

$$\lambda = \frac{2\cdot 1{,}75\cdot 10^{-6}\,m\cdot\sin 21\,°}{2}$$
$$\lambda = 6{,}27\cdot 10^{-7}\,m = 627\,nm$$

Atommodell der Quantenmechanik

Berechnung der Wellenlänge über die Bragg- Bedingung:

$$2\mathrm{d}\sin\phi = m\lambda$$
$$\lambda = \frac{2\mathrm{d}\sin\phi}{m}$$

Einsetzen der Gitterkonstante und m=2 folgt:

$$\lambda = \frac{2\cdot 1{,}75\cdot 10^{-6}\,m\cdot\sin 21\,°}{2}$$
$$\lambda = 6{,}27\cdot 10^{-7}\,m = 627\,nm$$

Vergleich mit dem Theoriewert 656 nm

Atommodell der Quantenmechanik

Berechnung der Wellenlänge über die Bragg- Bedingung:

$$2\mathrm{d}\sin\phi = m\lambda$$
$$\lambda = \frac{2\mathrm{d}\sin\phi}{m}$$

Einsetzen der Gitterkonstante und m=2 folgt:

$$\lambda = \frac{2\cdot 1{,}75\cdot 10^{-6}\,m\cdot\sin 21\,°}{2}$$
$$\lambda = 6{,}27\cdot 10^{-7}\,m = 627\,nm$$

Vergleich mit dem Theoriewert 656 nm

$$\frac{656\mathrm{nm} - 627\mathrm{nm}}{656\mathrm{nm}}$$
$$0{,}044$$

Die Abweichung zum Theoriewert ist nur 4,4%

Atommodell der Quantenmechanik

Mit der gleichen Methode berechnet man die anderen Wellenlängen:

$$\lambda_0 = 434\, nm$$
$$\lambda_1 = 486\, nm$$
$$\lambda_2 = 656\, nm$$

Ziel ist es nun einen Zusammenhang zwischen den einzelnen Wellenlängen zu erhalten.

Atommodell der Quantenmechanik

Mit der gleichen Methode berechnet man die anderen Wellenlängen:

$$\lambda_0 = 434\, nm$$
$$\lambda_1 = 486\, nm$$
$$\lambda_2 = 656\, nm$$

Ziel ist es nun einen Zusammenhang zwischen den einzelnen Wellenlängen zu erhalten.

Der Schweizer Physiker Balmer fand durch mathematische Spielerei folgendes heraus:

$$\lambda_2 \cdot \frac{5}{9} = 364\, nm$$
$$\lambda_1 \cdot \frac{12}{16} = 364\, nm$$
$$\lambda_0 \cdot \frac{21}{25} = 364\, nm$$

Atommodell der Quantenmechanik

Mit der gleichen Methode berechnet man die anderen Wellenlängen:

$$\lambda_0 = 434\,nm$$
$$\lambda_1 = 486\,nm$$
$$\lambda_2 = 656\,nm$$

Ziel ist es nun einen Zusammenhang zwischen den einzelnen Wellenlängen zu erhalten.

Der Schweizer Physiker Balmer fand durch mathematische Spielerei folgendes heraus:

$$\lambda_2 \cdot \frac{5}{9} = 364\,nm$$
$$\lambda_1 \cdot \frac{12}{16} = 364\,nm$$
$$\lambda_0 \cdot \frac{21}{25} = 364\,nm$$

Dabei steht im Nenner stets eine Quadratzahl und im Zähler eine Zahl, die um $4=2^2$ kleiner ist.
Der Beginn ist 3^2. Damit erhält man aus diesem Zusammenhang das Gesetz von Balmer:

Atommodell der Quantenmechanik

$$\lambda \cdot \frac{n^2 - 2^2}{n^2} = 3,64 \cdot 10^{-7} m$$

$$\lambda = k \cdot \frac{n^2}{n^2 - 2^2}$$

Diese Formel liefert für *n>2* die Wellenlängen von allen sichtbaren Spektrallinien,
Die vom Wasserstoffgas durch Stoßionisation emittiert wird.

Atommodell der Quantenmechanik

$$\lambda \cdot \frac{n^2 - 2^2}{n^2} = 3,64 \cdot 10^{-7} m$$

$$\lambda = k \cdot \frac{n^2}{n^2 - 2^2}$$

Diese Formel liefert für *n>2* die Wellenlängen von allen sichtbaren Spektrallinien, die vom Wasserstoffgas durch Stoßionisation emittiert wird.
Die Serie von Spektrallinien des Wasserstoffs wird deshalb auch als Balmer- Serie benannt.

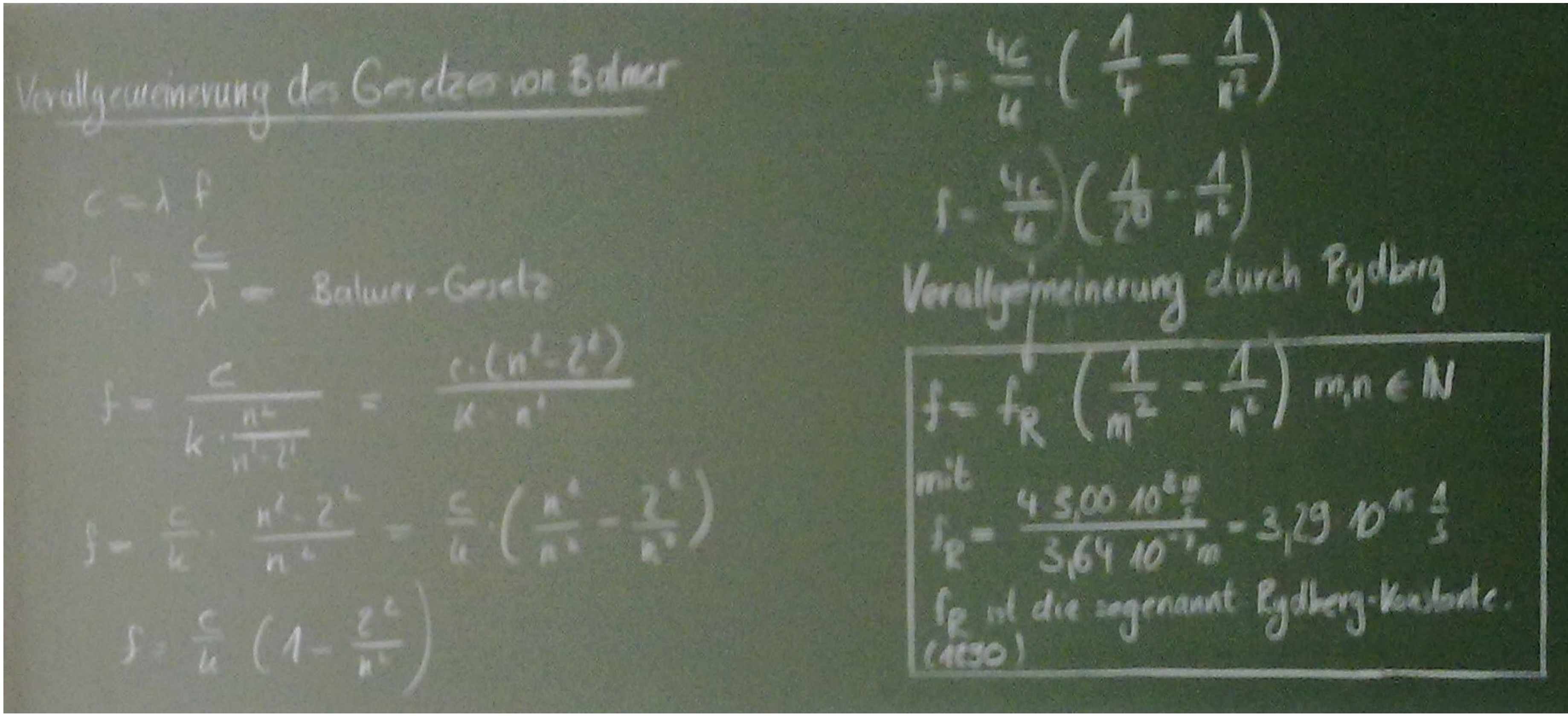
Atommodell der Quantenmechanik

$$\lambda \cdot \frac{n^2 - 2^2}{n^2} = 3{,}64 \cdot 10^{-7}\,m$$

$$\lambda = k \cdot \frac{n^2}{n^2 - 2^2}$$

Diese Formel liefert für *n>2* die Wellenlängen von allen sichtbaren Spektrallinien, die vom Wasserstoffgas durch Stoßionisation emittiert wird.
Die Serie von Spektrallinien des Wasserstoffs wird deshalb auch als Balmer- Serie benannt.
Diese Deutung des Wasserstoffspektrums steht im eklatanten Widerspruch zu der Erwartung eines kontinuierlichen Spektrums, da nur bestimmte Wellenlänge emittiert werden.
Daraus zog man den Schluss, dass in einem Atom bestimmte Energiestufen bestehen und die Elektronen nicht sich auf Bahnen mit beliebigen Radius bewegen können.

Atommodell der Quantenmechanik



Atommodell der Quantenmechanik